



(11) Numéro de publication : **0 437 141 A1**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : 90403744.7

(61) Int. Cl.<sup>5</sup> : **G01N 15/08**

(22) Date de dépôt : 21.12.90

(30) Priorité : 28.12.89 FR 8917519

(43) Date de publication de la demande :  
17.07.91 Bulletin 91/29

(84) Etats contractants désignés :  
BE DE GB

(71) Demandeur : INSTITUT FRANCAIS DU  
PETROLE  
4, avenue de Bois-Préau  
F-92502 Ruell-Malmaison (FR)

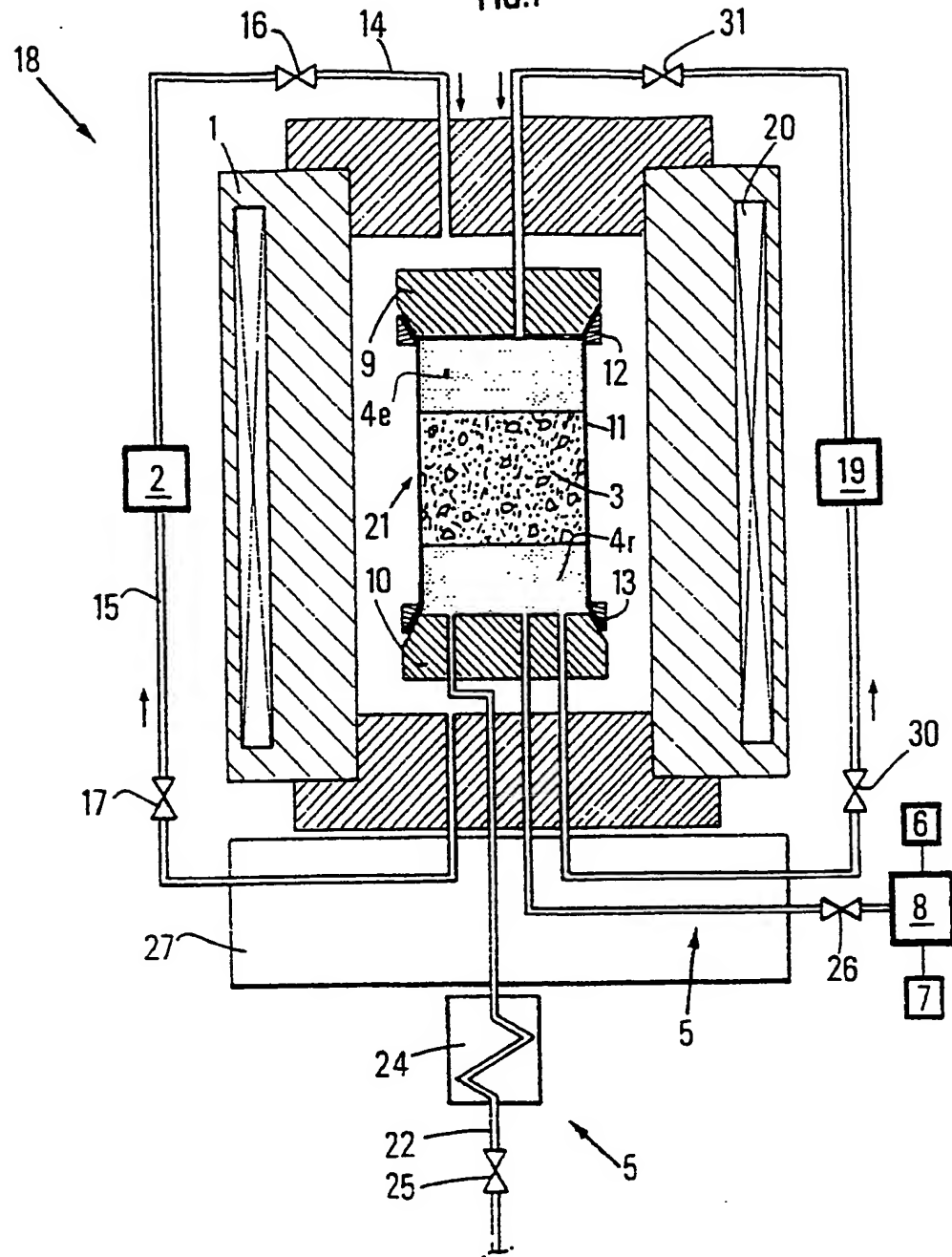
(72) Inventeur : Lafargue, Eric  
7, place Pinel  
F-75013 Paris (FR)  
Inventeur : Espitalie, Jean  
3, allée des Acacias  
F-78110 Le Vesinet (FR)  
Inventeur : Lesage, Thierry  
2, résidence du Menetont  
F-78250 Tessancourt sur Aubette (FR)

(54) Dispositif et méthode d'évaluation de l'aptitude qu'a un corps à s'opposer au passage d'un produit et leur application à l'évaluation de la dysmigration.

(57) La présente invention concerne un dispositif et une méthode permettant l'évaluation de l'aptitude qu'a un corps (3) à s'opposer au passage d'un produit, ainsi que leur application. La méthode selon l'invention comporte les étapes suivantes : on place ledit corps entre deux réservoirs (4e, 4r). L'un étant un réservoir émetteur (4e) contenant ledit produit et l'autre étant le réservoir récepteur (4r) de la partie du produit ayant traversé ledit corps, ledit corps séparant lesdits réservoirs et étant adjacent à chacun d'eux, on réalise un gradient de pression entre lesdits réservoirs, ce gradient provoquant le déplacement vers ledit réservoir récepteur d'au moins une partie dudit produit contenu dans le réservoir émetteur à travers ledit corps, et on analyse la partie du produit récupérée dans ledit réservoir récepteur. Application à l'évaluation de roche-couvertures dans le domaine des hydrocarbures.

EP 0 437 141 A1

FIG.1



# DISPOSITIF ET METHODE D'EVALUATION DE L'APTITUDE QU'A UN CORPS A S'OPPOSER AU PASSAGE D'UN PRODUIT ET LEUR APPLICATION A L'EVALUATION DE LA DYSMIGRATION

La présente invention concerne l'évaluation de l'aptitude qu'a un corps à s'opposer au passage d'un produit. Elle s'applique particulièrement bien aux roches-couvertures de gisements pétroliers naturels.

L'aptitude d'une roche-couverture à s'opposer au passage d'hydrocarbures est un paramètre essentiel dans l'évaluation pétrolière de formations géologiques. Une bonne roche-couverture s'opposera au passage des hydrocarbures à l'inverse une mauvaise roche-couverture sera facilement traversée par les hydrocarbures. Il n'existe pas à l'heure actuelle de moyen permettant de définir cette propriété de manière simple et fiable. La présente invention propose une méthode et un dispositif permettant notamment de classer les roches-couvertures en fonction de leur aptitude à s'opposer au passage des hydrocarbures dans les conditions d'un test de dysmigration réalisé en laboratoire sur des échantillons de roche. On entend par dysmigration le phénomène physique de fuite d'un produit tel un hydrocarbure d'un réservoir à travers une roche-couverture.

Ainsi d'une manière générale la présente invention concerne une méthode permettant l'évaluation de l'aptitude qu'a un corps à s'opposer au passage d'un produit. Cette méthode comporte les étapes suivantes :

- on place ledit corps entre deux réservoirs, l'un étant un réservoir émetteur contenant ledit produit et l'autre étant le réservoir récepteur de la partie du produit ayant traversé ledit corps, ledit corps séparant lesdits réservoirs et étant adjacent à chacun d'eux.
- on réalise un gradient de pression entre lesdits réservoirs, ce gradient provoquant le déplacement vers ledit réservoir récepteur d'au moins une partie dudit produit contenu dans le réservoir émetteur à travers ledit corps, et
- on analyse la partie du produit récupéré dans ledit réservoir.

On pourra effectuer l'analyse de la partie du produit récupéré dans ledit réservoir récepteur par un balayage en continu dudit réservoir.

La méthode selon l'invention pourra comporter une étape de mise en pression dudit corps accompagnée éventuellement d'une opération de chauffage dudit corps.

L'analyse mentionnée ci-dessus pourra être une analyse qualitative et/ou quantitative de la partie récupérée dudit produit.

La méthode selon l'invention pourra comporter la détermination d'un critère de dysmigration lié à la quantité de produit récupéré dans le réservoir récepteur rapporté au volume dudit corps.

La méthode et le dispositif selon l'invention

pourront être appliqués à l'évaluation de la dysmigration d'un hydrocarbure à travers un échantillon de roche. Ils pourront de même être appliqués à l'évaluation de la dysmigration de produit autre que des hydrocarbures notamment l'eau, le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone ou au dioxyde de soufre.

La présente invention concerne également un dispositif permettant l'évaluation de l'aptitude qu'a un corps à s'opposer au passage d'un produit, ledit dispositif comportant une enceinte haute pression comportant elle-même un milieu de confinement, et des moyens de génération de pression de confinement. Il comporte, en outre, un ensemble, ou éprouvette, hermétiquement isolée du milieu de confinement, ledit ensemble comportant un échantillon dudit corps et deux réservoirs, l'un émetteur contenant ledit produit et l'autre récepteur destiné à récupérer la partie de produit ayant traversé ledit échantillon, lesdits réservoirs étant placés de part et d'autre dudit échantillon et étant adjacents audit échantillon.

Le dispositif pourra comporter des moyens de contrôle du gradient de pression existant entre ledit réservoir émetteur et ledit réservoir récepteur.

Le dispositif pourra comporter des moyens de balayage dudit réservoir récepteur.

Les moyens de balayage pourront comporter des moyens de détection et/ou d'analyse des fluides recueillis par balayage dans ledit réservoir récepteur.

Le dispositif selon l'invention pourra comporter des moyens de régulation en température des fluides de balayage.

Le dispositif selon l'invention peut comporter principalement une enceinte, ou cellule haute pression, dans laquelle est placé un assemblage constitué par la superposition ou la juxtaposition d'un réservoir émetteur d'un échantillon de roche et d'un réservoir récepteur au sein d'un ensemble isolé hermétiquement du milieu de confinement, de préférence par une jaquette métallique et deux bouchons en acier. Dans la suite de ce texte, on pourra également désigner cet ensemble par le terme d'éprouvette. Sous l'effet d'un gradient de pression entre les réservoirs et en présence d'une pression de confinement, les fluides ou produits contenus dans le réservoir émetteur se déplacent vers le réservoir récepteur où éventuellement un système de balayage peut assurer leur transport vers des détecteurs spécifiques, permettant ainsi une analyse en continu des produits expulsés.

L'originalité de la présente invention réside, notamment, dans la juxtaposition de l'échantillon de roche-couverture et des réservoirs, de part et d'autre de cet échantillon, dans un ensemble hermétique relativement au milieu de confinement. De plus, pour

certaines modes particuliers de réalisation, elle réside en outre dans l'analyse en continu des produits récupérés grâce au dispositif de balayage. Dans ce dernier cas, il est donc possible d'étudier la cinétique de la dysmigration à travers la roche-couverture, ce qui ne serait pas possible si on avait à démonter la cellule après chaque expérience. Ainsi on peut étudier la dysmigration d'un mélange gaz liquide à travers une roche-couverture. Par exemple un mélange d'hydrocarbure gazeux et liquide.

Bien entendu la présente invention permet également de caractériser l'aptitude qu'a un corps à être traversé par un produit.

La présente invention sera mieux comprise et ses avantages apparaîtront plus clairement à la description qui suit d'un exemple particulier de mise en oeuvre du dispositif selon l'invention, nullement limitatif, appliqué au cas de roches, illustré par les figures ci-annexées.

- la figure 1 illustre dans son ensemble le dispositif selon l'invention,

- la figure 2 représente schématiquement la manière dont les pressions s'appliquent sur l'échantillon de roche et sur les réservoirs.

L'appareil illustré à la figure 1 comprend :

- un corps d'enceinte 1 haute pression, équipé d'un four 20, permettant de travailler à des pressions généralement comprises entre 1 et 4.000 bar et des températures généralement comprises entre 20 et 400°C, le four pouvant être intégré ou non au corps de l'enceinte,

- des moyens de génération de pression de confinement 2, et

- un ensemble 21 hermétiquement isolé du milieu de confinement lors des essais, cet ensemble ou éprouvette recevant l'échantillon de roche 3 à tester et un réservoir émetteur 4e et un réservoir récepteur 4r.

Le dispositif selon l'invention peut également comporter :

- des moyens de contrôle du gradient de pression 18, 19 entre le réservoir émetteur 4e et le réservoir récepteur 4r,

- des moyens de balayage des produits récupérés 5 dans le réservoir récepteur 4r, et/ou

- des détecteurs spécifiques aux hydrocarbures 6, et éventuellement aux CO<sub>2</sub>, CO ET H<sub>2</sub>O, 7, reliés à une boucle d'échantillonnage 8.

L'éprouvette 21 contient l'échantillon de roche 3 et les réservoirs émetteur 4e et récepteur 4r qui sont maintenus juxtaposés et isolés du milieu de confinement par l'intermédiaire de deux bouchons métalliques 9 et 10 et d'une jaquette métallique 11 sertie sur les précédents à l'aide de deux bagues métalliques 12 et 13, ayant éventuellement une section droite en forme de coin.

Les moyens de génération d'une pression de confinement 2 sont reliés à l'enceinte par des canali-

sations 14 et 15 qui comportent des vannes 16 et 17. Ces vannes permettent d'isoler le milieu de confinement des moyens 2 de génération de pression de confinement et éventuellement la vidange de l'enceinte de confinement lors de l'arrêt des moyens 2 de génération de la pression de confinement.

La référence 18 désigne dans leur ensemble les moyens servant à contrôler et éventuellement à créer le gradient de pression au sein de l'éprouvette 21. Ces moyens peuvent comporter une pompe et éventuellement des moyens de vannage 30, 31, notamment pour isoler l'espace interne de l'éprouvette de la pompe 19.

Les moyens 18 permettant de contrôler le gradient de pression entre les réservoirs 4e et 4r comportent de manière classique un capteur différentiel de pression relié à un système de régulation de la pression commandant une pompe pneumatique. Ces moyens 18 de contrôle du gradient sont désignés hors les canalisations et les moyens de vannage par la référence 19. Ces moyens 18 sont différents des moyens de génération de la pression de confinement.

Les moyens de génération de la pression de confinement peuvent comprendre une ou des pompes pneumatiques tout-à-fait classiques associées à des systèmes de régulation reliés à un capteur de pression mesurant la pression régnant dans l'enceinte de confinement.

Les moyens de balayage 5 peuvent comporter une source de fluide de balayage non représentée et un circuit d'entrée 22 amenant le fluide de balayage fourni par cette source au réservoir récepteur 4r, à travers le bouchon 10 et un circuit de sortie 23 menant le fluide de balayage vers la boucle d'échantillonnage 8, après que celui-ci ait traversé le réservoir récepteur 4r.

Le circuit d'entrée 22 peut comporter des moyens de chauffage permettant de réchauffer le fluide de balayage.

Le circuit de balayage comporte des vannes 25 et 26 permettant d'interrompre la circulation du fluide de balayage.

Pour éviter la condensation dans la canalisation du circuit de sortie 23 des moyens de balayage, celui-ci pourra cheminer au moins sur une grande partie de sa longueur dans un ensemble thermostaté 27. Les autres canalisations pourront également cheminer en partie dans lesdits moyens thermostatés, comme cela est représenté à la figure 1.

Le dispositif selon l'invention permet de réaliser des tests de dysmigration sur des échantillons de roches-couvertures naturelles, carottes ou plugs. Le diamètre de ces échantillons pourra être compris entre 20 et 50 mm pour une longueur comprise aussi entre 20 et 55 mm.

Le test de dysmigration consiste à étudier la quantité éventuellement la nature et la composition de produits récupérés dans le réservoir récepteur au

cours du temps dans les conditions de pression et de température du test. Les réservoirs 4e et 4r pourront être en roche naturelle (grès, carbonates...), ou en matériau poreux quelconque (fritte métallique, céramique...). Leurs épaisseurs pourront être égales ou pas et varier par exemple entre 2 et 20 mm. Le réservoir récepteur 4r peut être vide à l'origine, ou contenir un fluide tel de l'air ou de l'eau, ce fluide étant de préférence différent de celui contenu dans le réservoir émetteur. La présence d'un fluide dans le réservoir récepteur permet de contrôler la pression qui y règne. Dans le mode de réalisation décrit à la figure 1, les produits récupérés dans le réservoir récepteur 4r, sont acheminés vers les différents détecteurs 6 et 7 par l'intermédiaire d'un système de balayage faisant intervenir un fluide chauffé (gaz inertes, eau avec ou sans tensio-actifs, CO<sub>2</sub>, solvants organiques). L'ensemble est chauffé grâce à un système thermostaté 27, afin d'éviter l'apparition de points froids sur le circuit de balayage de sortie 23 où pourraient se condenser les produits, faussant ainsi les analyses quantitatives. A la sortie de la boucle d'échantillonnage 8, les hydrocarbures, l'eau, le CO, le CO<sub>2</sub> et l'H<sub>2</sub>S sont analysés séparément.

Les gammes de température et de pression peuvent être étendues de 20 à 400°C et de 1 à 4.000 bar. Les pressions et les températures peuvent être enregistrées automatiquement et peuvent être programmées en fonction du temps.

Comme cela a été dit, le dispositif expérimental permet de déterminer l'aptitude d'une roche à s'opposer du passage de fluides notamment les hydrocarbures, l'eau, le CO, le CO<sub>2</sub> et l'H<sub>2</sub>S. Il est possible, selon la présente invention, de classer les roches-couvertures en roches-couvertures très bonnes, ne laissant pas passer facilement les hydrocarbures, par opposition aux mauvaises roches-couvertures, laissant passer de façon notable les hydrocarbures.

On peut également selon la présente invention déterminer la cinétique de la dysmigration à partir de l'analyse en continu des produits récupérés dans le réservoir 4r ce qui permet aussi de caractériser l'aptitude des roches testées à laisser passer les produits accumulés dans les réservoirs naturels en fonction du temps.

La figure 2 illustre schématiquement les pressions auxquelles sont soumis l'échantillon 3 et les réservoirs 4r et 4e.

Sur cette figure, Pc représente la pression de confinement qui s'applique au squelette de l'échantillon de roche 3 et à celui des réservoirs 4r et 4e. Cette pression Pc correspond sensiblement à celle qui règne dans l'enceinte, du moins lorsque l'effort de résistance de la jaquette métallique est négligeable par rapport aux efforts créés par la pression de confinement.

Pm désigne la pression au sein des pores de la roche-couverture et Pe et Pr désignent respective-

ment les pressions régnant au sein des pores du réservoir émetteur et du réservoir récepteur.

Le gradient de pression auquel sont soumis les réservoirs correspond à la différence :  $Pe - Pr$ . C'est ce gradient qui permet de faire passer les fluides à travers l'échantillon de roche 3.

Dans les conditions normales d'essai on impose  $Pe > Pm > Pr$ .

On étudie la quantité de fluide initialement contenu dans le réservoir émetteur et qui a traversé l'échantillon 3 pour se retrouver dans le réservoir récepteur 4r.

Le dispositif selon la présente invention permet de déterminer la qualité de roches-couvertures.

A titre d'exemple on peut définir un indice de dysmigration IDH proportionnel ou égal à la quantité de fluide initialement contenu dans le réservoir émetteur et ayant traversé l'échantillon de roche et qui est récupérée dans le réservoir récepteur.

Pour pouvoir comparer facilement plusieurs échantillons entre eux, il est préférable que l'IDH de chacun de ces échantillons soit déterminé dans des conditions de tests identiques prédéterminées. Ainsi on pourra fixer les différentes pressions : pression de confinement, pression dans les réservoirs et/ou gradient de pression. De même la température, la durée, les dimensions des différentes parties constitutives du dispositif et la nature des réservoirs seront fixées à l'avance.

La pression de confinement Pc prédéterminée pourra être comprise par exemple entre 1000 et 3000 bar, et le gradient de pression prédéterminé pourra être compris par exemple entre 500 et 2000 bar.

La température prédéterminée de l'enceinte pourra être par exemple comprise entre 50 et 200°C et de préférence entre 50 et 150°C.

La durée de maintien du gradient de pression pourra être par exemple comprise entre 24 heures et 168 heures et de préférence voisine ou égale à 72 heures.

Les réservoirs et l'échantillon de la roche pourront être cylindriques et avoir un diamètre prédéterminé par exemple compris entre 20 et 50 mm et avoir une hauteur comprise entre 20 et 55 mm.

Le rapport du volume prédéterminé de l'échantillon de roche à celui du réservoir émetteur pourra être compris éventuellement entre 0,5 et 1,5 et de préférence sensiblement égal à 1.

Le réservoir récepteur pourra avoir la même forme que le réservoir émetteur.

Le réservoir peut être une roche naturelle (grès, carbonate poreux, roche volcanique...), un matériel poreux de synthèse (fritte métallique, céramique...).

La jaquette pourra être réalisée en cuivre.

## Revendications

1. - Méthode permettant l'évaluation de l'aptitude qu'a un corps à s'opposer au passage d'un produit, caractérisée en ce qu'elle comporte les étapes suivantes :
  - on place ledit corps entre deux réservoirs, l'un étant un réservoir émetteur contenant ledit produit et l'autre étant le réservoir récepteur de la partie du produit ayant traversé ledit corps, ledit corps séparant lesdits réservoirs et étant adjacent à chacun d'eux.
  - on réalise un gradient de pression entre lesdits réservoirs, ce gradient provoquant le déplacement vers ledit réservoir récepteur d'au moins une partie dudit produit contenu dans le réservoir émetteur à travers ledit corps, et
  - on analyse la partie du produit récupéré dans ledit réservoir.
2. - Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on effectue l'analyse de la partie du produit récupéré dans ledit réservoir récepteur par un balayage en continu dudit réservoir.
3. - Méthode selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisée en ce qu'elle comporte une étape de mise en pression dudit corps accompagnée éventuellement d'une opération de chauffage dudit corps.
4. - Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite analyse comporte une opération d'analyse qualitative et/ou quantitative de la partie récupérée dudit produit.
5. - Méthode selon la revendication 4, caractérisée en ce qu'elle comporte la détermination d'un critère de dysmigration lié à la quantité de produit récupéré dans le réservoir récepteur rapporté au volume dudit corps.
6. - Application des méthodes des revendications 1 à 5 à l'évaluation de la dysmigration d'un hydrocarbure à travers un échantillon de roche.
7. - Application selon la revendication 6 à l'évaluation de la dysmigration de produit autre que des hydrocarbures notamment l'eau, le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone ou au dioxyde de soufre.
8. - Dispositif permettant l'évaluation de l'aptitude qu'a un corps à s'opposer au passage d'un produit, ledit dispositif comportant une enceinte haute pression (1) comportant elle-même un milieu de confinement, et des moyens de génération de pression de confinement (2), caractérisé en ce qu'il comporte un ensemble (21) ou éprouvette hermétiquement isolée du milieu de confinement, ledit ensemble comportant un échantillon dudit corps et deux réservoirs, l'un émetteur contenant ledit produit et l'autre récepteur destiné à récupérer la partie de produit ayant traversé ledit échantillon, lesdits réservoirs étant placés de part et d'autre dudit échantillon et étant adjacents audit échantillon.
9. - Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de contrôle du gradient de pression (18) existant entre ledit réservoir émetteur et ledit réservoir récepteur.
10. - Dispositif selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte des moyens de balayage (5) dudit réservoir récepteur.
11. - Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que lesdits moyens de balayage comportent des moyens de détection et/ou d'analyse (8, 6, 7) des fluides recueillis par balayage dans ledit réservoir récepteur.
12. - Dispositif selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de régulation en température (24, 27) des fluides de balayage.

FIG.1

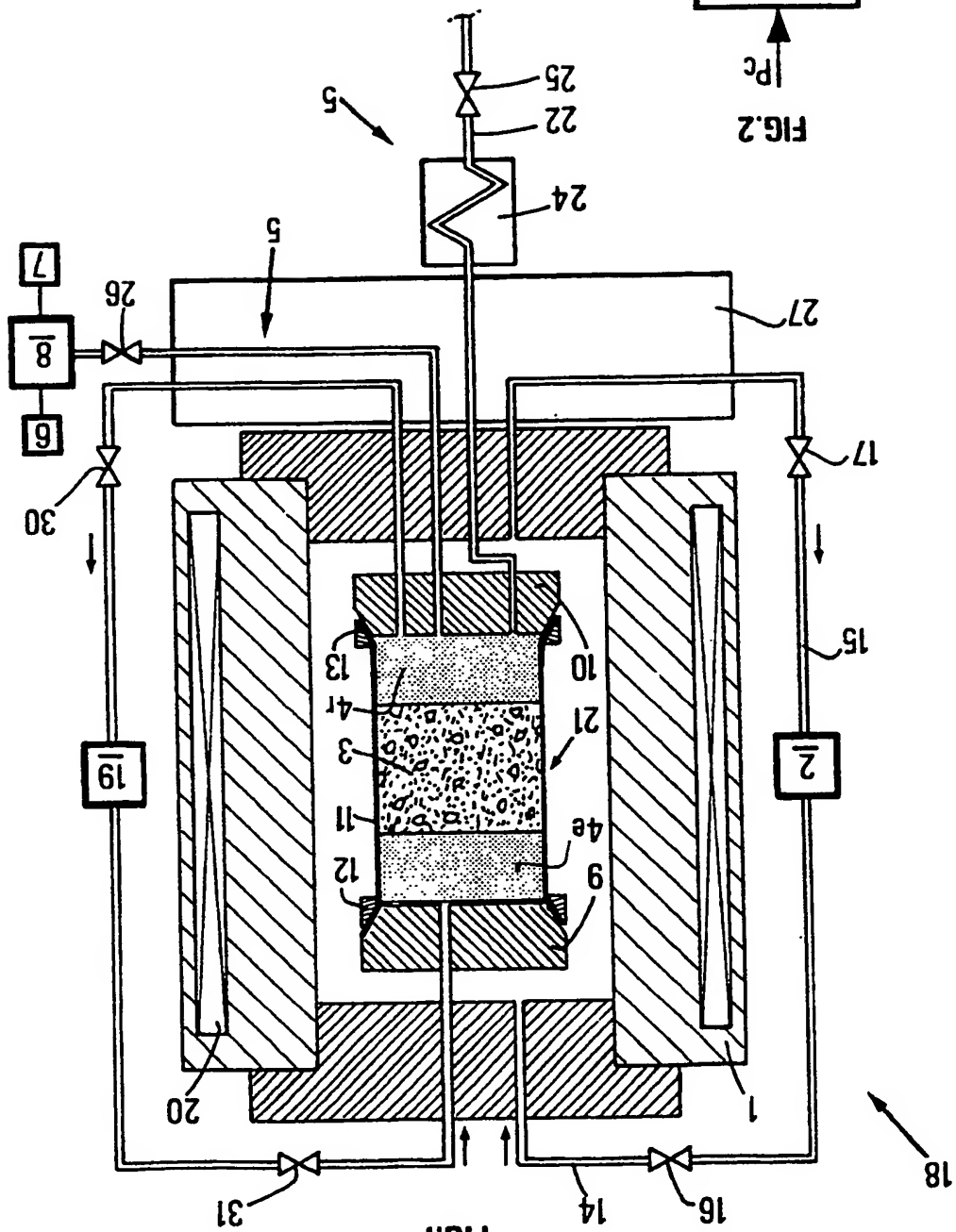


FIG.2



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 90 40 3744

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
X	CA-A-1 201 906 (ONTARIO RESEARCH FOUNDATION) * Revendications 1,14-29 *	1,3,8,9	G 01 N 15/08
X	US-A-4 672 840 (A.S. CULICK) * Revendication 1 *	1	
A	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, vol. 53, no. 8, août 1982, pages 1246-1254, American Institute of Physics, New York, US; D. TRIMMER: "Laboratory measurements of ultralow permeability of geologic materials" * Pages 1246-1247; figure 2A *	1,8	
A	US-A-4 679 421 (R.D. BARREE) * Revendication 1 *	8	
A	US-A-4 304 122 (S. TENTOR)		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 275 (P-321)[1712], 15 décembre 1984; & JP-A-59 142 438 (DENSHI NAGAKU K.K.) 15-08-1984		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			G 01 N
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-03-1991	Examineur VAN DEN BULCKE E.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire a : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire			

EPO FORM 1503 (01.91) (P0407)